

2003P07734 WO

1

## Beschreibung

## Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels, der einen Resonator darstellt und Teil mindestens eines Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei dem Vibrationskreisel ein Ausgangssignal ent-  
10 nehmbar ist, aus dem durch Filterung und Verstärkung das Erregersignal abgeleitet wird.

Beispielsweise aus EP 0 461 761 B1 sind Drehratensensoren bekannt geworden, bei welchen ein Vibrationskreisel in zwei ge-  
15 genüber einer Hauptachse radial ausgerichteten Achsen angeregt wird, wozu ein primärer und ein sekundärer Regelkreis mit entsprechenden Wandlern an dem Vibrationskreisel vorgesehen sind. Werden derartige Drehratensensoren in Fahrzeugen zur Stabilisierung der Fahrzeugbewegung eingesetzt, so können  
20 durch Ausfall oder fehlerhafte Funktion Gefährdungen auftreten. Um diese zu vermeiden, ist eine Funktionsüberwachung des Drehratensensors erforderlich.

Eine solcher Überwachungen wird bei dem erfindungsgemäßen  
25 Verfahren vorzugsweise dadurch bewirkt, dass die Güte des Resonators gemessen wird und dass bei einer Güte unterhalb eines Schwellwertes eine Fehlermeldung erzeugt wird.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der Vibrations-  
30 kreisel in einem evakuierten Gehäuse angeordnet ist, um eine geringstmögliche Dämpfung zu erzielen, und dass durch Alterung oder einen Defekt Luft in das Gehäuse eindringen kann, was die Brauchbarkeit des Vibrationskreisels vermindert bzw. ausschließt.

35 Eine erste vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass das Erregersignal abgeschaltet wird und dass die

2003P07734 WO

2

Amplitude des abklingenden Ausgangssignals zur Erzeugung der Fehlermeldung ausgewertet wird. Diese Ausführungsform ist im Wesentlichen dafür geeignet, einen Test bei stehendem Fahrzeug durchzuführen, beispielsweise jeweils nach Einschalten  
5 der Zündung oder bei der Überprüfung des Drehratensensors im Rahmen der Herstellung.

Bei dieser Ausführungsform ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Fehlermeldung erzeugt wird, wenn die Amplitude des Ausgangssignals nach einer vorgegebenen Zeit unter einem vorgegebenen Wert liegt. Die Schaltungstechnik ermöglicht jedoch eine Reihe anderer Verfahren zur Bestimmung der Abklingzeit einer gedämpften Schwingung, beispielsweise das Zählen von Schwingungen, bis sie einen vorgegebenen Wert unterschritten  
15 haben.

Eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass in den Regelkreis vorübergehend eine zusätzliche Phasendrehung des Erregersignals eingefügt wird und  
20 dass eine dadurch bedingte Frequenzänderung ausgewertet wird. Diese Ausführungsform eignet sich grundsätzlich auch für eine Prüfung während des Betriebes, wobei es vom Einzelfall abhängt, ob eine vorübergehende Phasendrehung des Erregersignals bzw. eine vorübergehende Frequenzänderung eine Auswertung des Drehratensignals für den jeweils vorgesehenen Zweck stört.  
25

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der zweiten Ausführungsform eignet sich für eine digitale Realisierung des Regelkreises insbesondere dadurch, dass das Ausgangssignal nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-Komponente demoduliert wird, dass die Quadratur-Komponente nach Filterung einen Träger moduliert, der als Erregersignal dem Vibrationskreislauf zugeführt wird,  
30 dass die Inphase-Komponente nach Filterung einer PLL-Schaltung zugeführt wird, welche die Frequenz und Phase des Trägers regelt, dass zur Phasendrehung des Erregersignals ein  
35

2003P07734 WO

3

der Frequenzänderung entsprechendes Signal der PLL-Schaltung zugeführt wird, das eine Phasenänderung des Trägers bewirkt.

Die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens  
5 kann vorzugsweise derart ausgestaltet sein, dass die Phasendrehung etwa  $10^\circ$  bezogen auf den Träger ist.

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsbeispiele zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigt:  
10

Fig. 1: ein Blockschaltbild eines Drehratensensors,

Fig. 2: Zeitdiagramme von Signalen, die in einem ersten Ausführungsbeispiel auftreten,  
15

Fig. 3: Zeitdiagramme von Signalen bei einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4: ein Blockschaltbild eines zur Durchführung eines Verfahrens nach der ersten Ausführungsform ausgebildeten Drehratensensors und  
20

Fig. 5: ein Blockschaltbild eines zur Durchführung eines Verfahrens nach der zweiten Ausführungsform ausgebildeten Drehratensensors.  
25

Die Ausführungsbeispiele sowie Teile davon sind zwar als Blockschaltbilder dargestellt. Dieses bedeutet jedoch nicht,  
30 dass die erfindungsgemäße Anordnung auf eine Realisierung mit Hilfe von einzelnen den Blöcken entsprechenden Schaltungen beschränkt ist. Die erfindungsgemäße Anordnung ist vielmehr in besonders vorteilhafter Weise mit Hilfe von hochintegrierten Schaltungen realisierbar. Dabei können Mikroprozessoren eingesetzt werden, welche bei geeigneter Programmierung die  
35 in den Blockschaltbildern dargestellten Verarbeitungsschritte durchführen.

2003P07734 WO

4

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung mit einem Vibrationskreis 1 mit zwei Eingängen 2, 3 für ein primäres Erregersignal PD und ein sekundäres Erregersignal SD. Die Erregung erfolgt durch geeignete Wandler, beispielsweise elektromagnetische. Der Vibrationskreis weist ferner zwei Ausgänge 4, 5 für ein primäres Ausgangssignal PO und ein sekundäres Ausgangssignal SO auf. Diese Signale geben die jeweilige Vibration an räumlich versetzten Stellen des Kreises wieder. Derartige Kreise sind beispielsweise aus EP 0 307 321 A1 bekannt und beruhen auf der Wirkung der Corioliskraft.

Der Vibrationskreis 1 stellt ein Filter hoher Güte dar, wobei die Strecke zwischen dem Eingang 2 und dem Ausgang 4 Teil eines primären Regelkreises 6 und die Strecke zwischen dem Eingang 3 und dem Ausgang 5 Teil eines sekundären Regelkreises 7 ist. Der primäre Regelkreis 6 dient zur Anregung von Schwingungen mit der Resonanzfrequenz des Vibrationskreises von beispielsweise 14 kHz. Die Anregung erfolgt dabei in einer Achse des Vibrationskreises, zu welcher die für den sekundären Regelkreis benutzte Schwingungsrichtung um 90° versetzt ist. Im sekundären Regelkreis 7 wird das Signal SO in zwei Komponenten aufgespalten, von denen eine über ein Filter 8 einem Ausgang 9 zugeleitet wird, von welchem ein der Drehrate proportionales Signal abnehmbar ist.

In beiden Regelkreisen 6, 7 erfolgt ein wesentlicher Teil der Signalverarbeitung digital. Die zur Signalverarbeitung erforderlichen Taktsignale werden in einem quarzgesteuerten digitalen Frequenzsynthesizer 10 erzeugt, dessen Taktfrequenz im dargestellten Beispiel 14,5 MHz beträgt. Für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kommt im Wesentlichen der primäre Regelkreis in Frage, weshalb in den Figuren 4 und 5 Ausführungsbeispiele für den primären Regelkreis dargestellt sind.

2003P07734 WO

5

Bei dem anhand von Fig. 2 erläuterten Ausführungsbeispiel wird durch ein in Fig. 2a dargestelltes Schaltsignal zum Zeitpunkt  $t_1$  der Regelkreis unterbrochen, worauf das Ausgangssignal  $P_0$  (Fig. 2b) eine gedämpfte Schwingung ausführt.

5 Eine geeignete Messschaltung stellt fest, wann die Amplitude des Ausgangssignals  $P_0$  nicht mehr eine vorgegebene Schwelle erreicht. Diese Zeit wird mit einem nicht dargestellten Schwellwert verglichen. Ist die Zeit relativ groß, weist der Vibrationskreis auch eine genügend kleine Dämpfung auf. Ist

10 er jedoch zu stark gedämpft, wird dieser zeitliche Schwellwert nicht erreicht und eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wird mit einem in Fig. 3a gezeigten Schaltsignal eine zusätzliche Phasendrehung zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  eingeführt. Um die Resonanzbedingungen zu erhalten, reagiert der Regelkreis mit einer Änderung der Frequenz  $f_{P_0}$ , was in Fig. 3b dargestellt ist. Überschreitet dabei die Frequenzänderung einen Schwellwert  $S$ ,

15 ist die Güte des Vibrationskreises hoch genug. Ändert sich dagegen die Frequenz weniger, so ist eine hohe Dämpfung vorhanden, so dass eine Fehlermeldung ausgelöst wird.

Der in den Figuren 4 und 5 dargestellte primäre Regelkreis weist einen Verstärker 11 für das Ausgangssignal  $P_0$  auf, an den sich ein Anti-Alias-Filter 12 und ein Analog/Digital-Wandler 13 anschließen. Mit Hilfe von Multiplizierern 14, 15, denen Träger  $T_{i1}$  und  $T_{q1}$  zugeführt werden, erfolgt eine Aufspaltung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-

25 Komponente. Beide Komponenten durchlaufen anschließend je ein  $(\sin x/x)$ -Filter 16, 17 und ein Tiefpaßfilter 18, 19. Der gefilterte Realteil wird einem PID-Regler 20 zugeführt, der den digitalen Frequenzsynthesizer steuert, wodurch eine Phasenregelschaltung geschlossen wird, welche die richtige Phasenlage der Träger  $T_{i1}$  und  $T_{q1}$  bewirkt. Außerdem wird ein Träger  $T_{q2}$

30 erzeugt, der in einer Schaltung 22 mit dem Ausgangssignal eines weiteren PID-Reglers 21 moduliert wird, der den tiefpaß-

2003P07734 WO

6

gefilterten Imaginärteil erhält. Das Ausgangssignal der Schaltung 22 wird dem Eingang 2 des Vibrationskreises 1 als Erregersignal PD zugeführt.

- 5 Ein Mikrocomputer 23 steuert neben anderen Vorgängen die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Maßnahmen. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 erzeugt er das in Fig. 2a dargestellte Schaltsignal und leitet es an die Schaltung 22, wodurch das Erregersignal PD unterbrochen wird.
- 10 An den Ausgang des Analog/Digital-Wandlers 13 ist eine Schaltung 24 zur Messung der Amplitude, beispielsweise ein Amplitudendemodulator, angeschlossen. Der Ausgang der Schaltung 24 ist mit einer Schwellwertschaltung 25 verbunden, deren Ausgangssignal dem Mikrocomputer 23 zugeleitet wird. Damit kann
- 15 im Mikrocomputer 23 die Ausschwingzeit und damit die Güte des Vibrationskreises bestimmt werden.

- Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 leitet der Mikrocomputer 23 ein Signal entsprechend Fig. 3a an den Frequenzsynthesizer, der eine zusätzliche Phasenverschiebung vornimmt.
- 20 Die Reaktion des Phasen-Regelkreises besteht darin, dass der Frequenzsynthesizer eine andere Teilung aus der Taktfrequenz wählt, um die Frequenz der Träger zu verändern. Dies kann als Maß für die Frequenzabweichung dem Mikrocomputer 23 zugeführt
- 25 werden, der dann die im Zusammenhang mit Fig. 3 erläuterte Auswertung vornimmt.

2003P07734 WO

7

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels, der einen Resonator darstellt und Teil mindestens eines Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei dem Vibrationskreisel ein Ausgangssignal entnehmbar ist, aus dem durch Filterung und Verstärkung das Erregersignal abgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Güte des Resonators gemessen wird und dass bei einer Güte unterhalb eines Schwellwertes eine Fehlermeldung erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erregersignal abgeschaltet wird und dass die Amplitude des abklingenden Ausgangssignals zur Erzeugung der Fehlermeldung ausgewertet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fehlermeldung erzeugt wird, wenn die Amplitude des Ausgangssignals nach einer vorgegebenen Zeit unter einem vorgegebenen Wert liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den Regelkreis vorübergehend eine zusätzliche Phasendrehung des Erregersignals eingefügt wird und dass eine dadurch bedingte Frequenzänderung ausgewertet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-Komponente demoduliert wird, dass die Quadratur-Komponente nach Filterung einen Träger moduliert, der als Erregersignal dem Vibrationskreisel zugeführt wird, dass die Inphase-Komponente nach Filterung einer PLL-Schaltung zugeführt wird, welche die Frequenz und Phase

2003P07734 WO

8

des Trägers regelt, dass zur Phasendrehung des Erregersignals ein der Frequenzänderung entsprechendes Signal der PLL-Schaltung zugeführt wird, das eine Phasenänderung des Trägers bewirkt.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasendrehung etwa  $10^\circ$  bezogen auf den Träger ist.



1/3

BEST AVAILABLE COPY

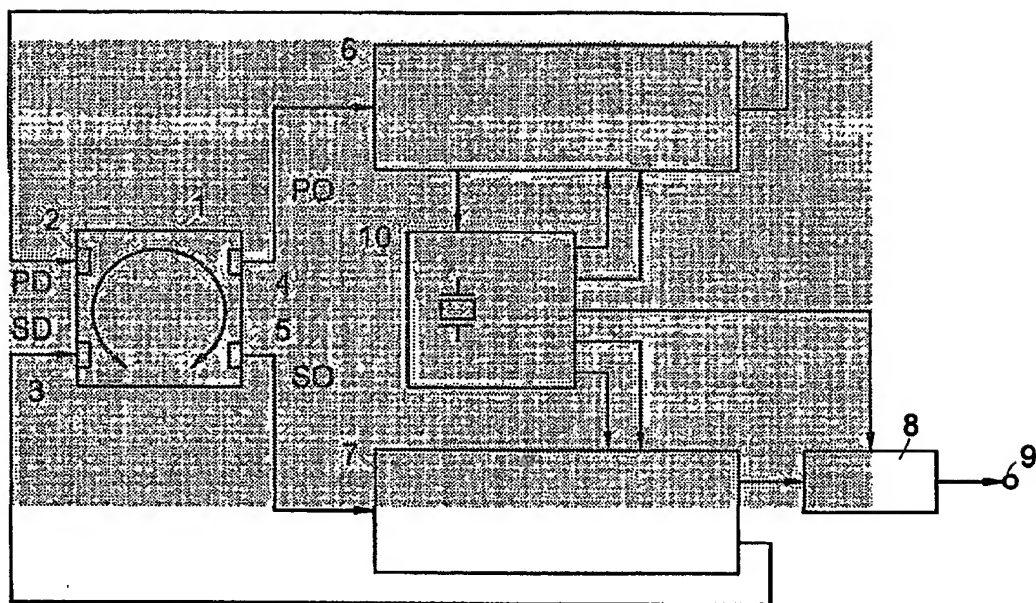


Fig.1

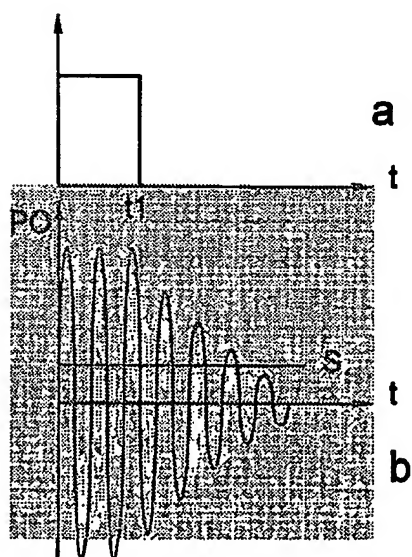


Fig.2

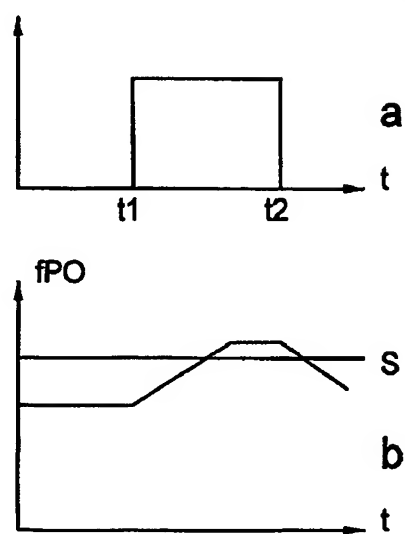
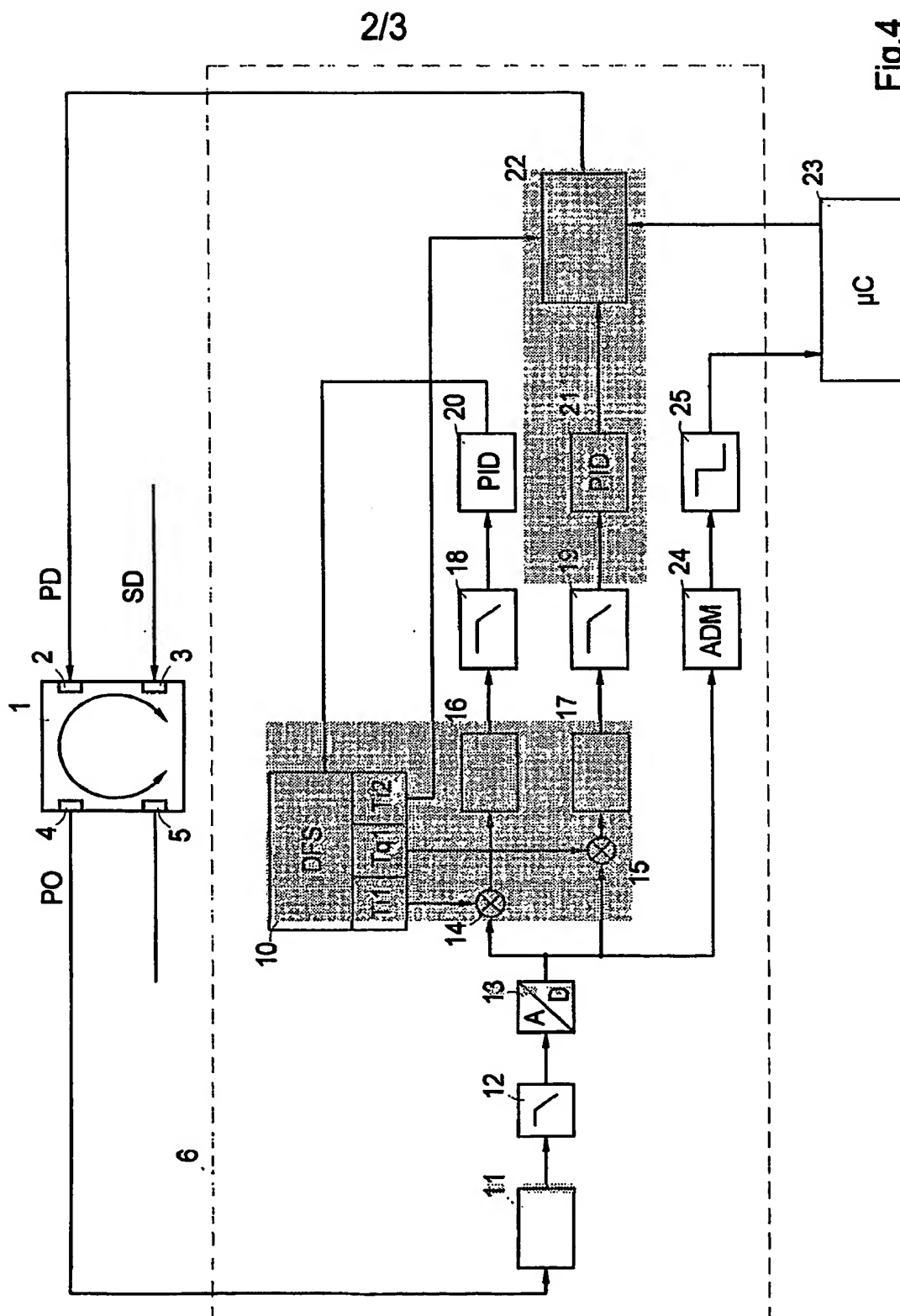
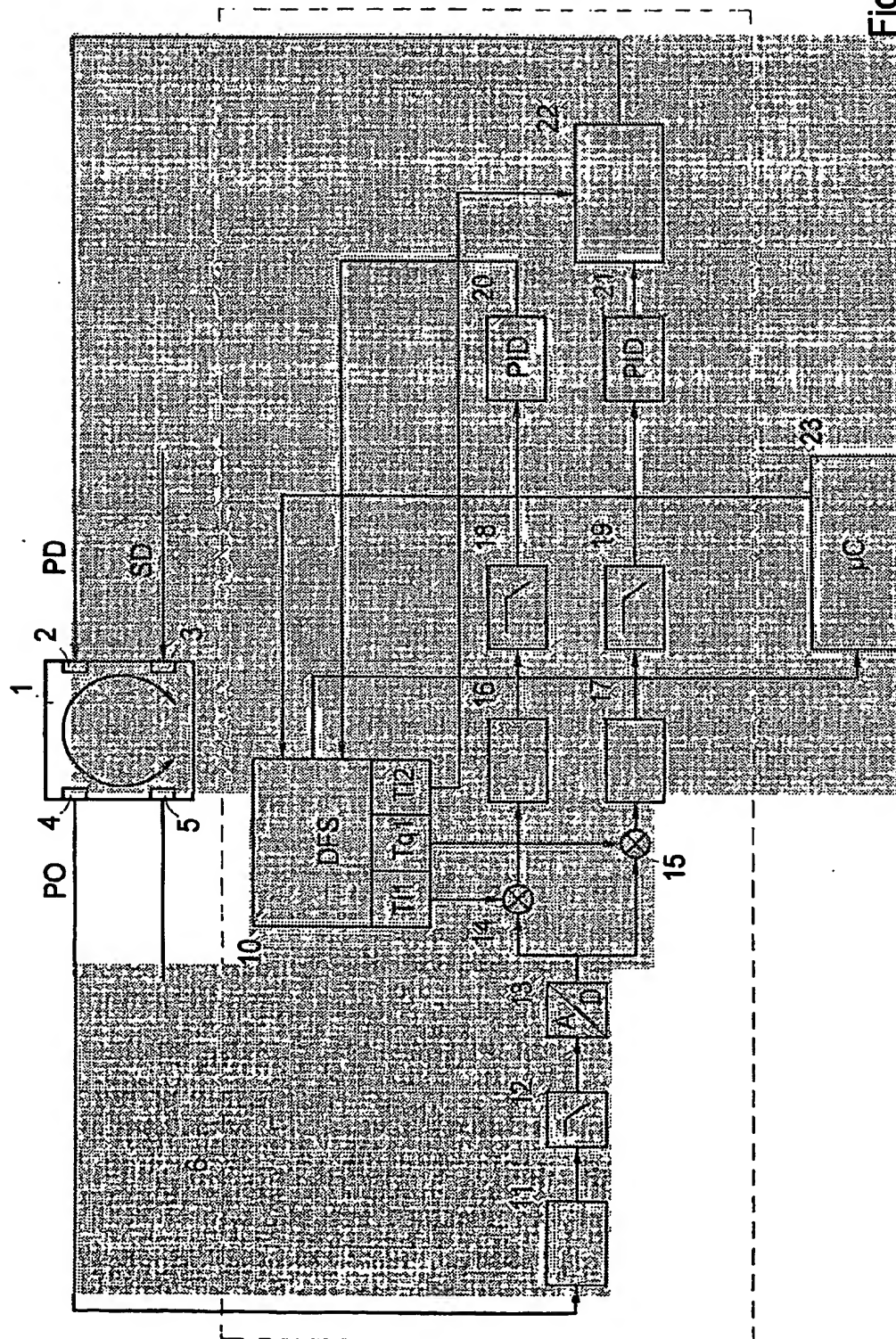


Fig.3



**Fig. 5**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/050970

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01C19/56 G01P9/04 G01P15/10 G01P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 12, 25 December 1997 (1997-12-25) -& JP 09 218040 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 19 August 1997 (1997-08-19) abstract -----	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 2004

Date of mailing of the international search report

05/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/050970

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 09218040	A	19-08-1997	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/050970

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01C19/56 G01P9/04 G01P15/10 G01P21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01C G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 12, 25. Dezember 1997 (1997-12-25) -& JP 09 218040 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 19. August 1997 (1997-08-19) Zusammenfassung -----	1-3

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* & \* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoekstra, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/050970

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 09218040	A	19-08-1997	KEINE